Rev. Écol. Biol. Sol, 1991, **28** (1) : 9-18.

Effets du reboisement par *Eucalyptus globulus* sur les Collemboles édaphiques*

PAR

M. M. da GAMA, A. NOGUEIRA et A. F. A. MÚRIAS DOS SANTOS

Museu e Laboratório Zoológico e Centro de Sistemática e Ecologia, INIC, Universidade de Coimbra, 3049 Coimbra Codex, Portugal

Synopsis: The authors studied the effects of reafforestation by *Eucalyptus globulus* on the edaphic Collembola, by means of factorial analysis of correspondences applied to the study of Collembola populations, occuring in coppices of *Quercus suber* and in *Eucalyptus globulus* plantations.

Keywords: Collembola, reafforestation, Eucalyptus, factorial analysis of correspondences.

INTRODUCTION

Suite à notre article paru en 1989 sur la « Comparaison de la composition de populations de Collemboles de peuplements d'eucalyptus et de chêne-liège » (GAMA *et al.*, 1989), nous avons essayé ici d'appliquer l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des biocénoses de Collemboles provenant des mêmes peuplements.

Nous avons tenu compte des trois parcelles du travail antérieur (mai, septembre et décembre, 1988) et des parcelles de mars, juillet et décembre, 1989, mais en séparant les horizons organiques et les horizons minéraux. Les prélèvements concernant ces trois dernières parcelles ont été pris au même endroit que les précédents - Quinta de Santo António, Cercal.

L'article de 1989 présentait les résultats de l'application d'une analyse agglomérative (« agglomerative cluster analysis ») à 49 espèces et 6 stations, tandis que ce travail considère 65 taxa et 12 stations.

* Article écrit en hommage au Professeur Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE, l'un des fondateurs de la zoologie du sol.

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE BIOLOGIE DU SOL - 0035-1822/91/01 9 10/$ 3.00/© Gauthier-Villars

L'étude concernant ces deux publications s'insère dans le cadre du programme de recherche « Comparação da composição ao longo do tempo e funcionalidade da fauna do solo em povoamentos de eucalipto e sobreiro » soutenu par la « Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica » (JNICT), dont le chercheur responsable est le professeur MANUEL A. V. MADEIRA de l'« Instituto Superior de Agronomia » à Lisbonne.

Ce travail a été réalisé avec l'aide financière de l'« Instituto Nacional de Investigação Científica » (INIC) et de la « Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica » (JNICT).

I. – MATÉRIEL ET MÉTHODES

A) Prélèvements

Ils ont été effectués à Caldas da Rainha (Quinta de Santo António-Cercal) dans des peuplements d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), sans la strate herbacée ni arbustive, en deuxième rotation (11 ans), et de chêne-liège (*Quercus suber*), avec la strate arbustive.

Pour l'échantillonnage des horizons organiques (litière et humus), on a utilisé des cylindres métalliques de 10 cm de diamètre et pour celle des horizons minéraux des cylindres métalliques de 8 cm de hauteur et 6,5 cm de diamètre. Ils ont été pris au même endroit, aux mois de mai, septembre et décembre de 1988 et aux mois de mars, juillet et décembre de 1989 et chaque prélèvement a été constitué par 14 réplicats.

L'extraction de la faune a été réalisée dans des entonnoirs de type Berlese-Tullgren.

B) Analyse des données

La matrice globale de données, comprenant 65 taxa et 24 prélèvements, a été analysée en employant une méthode d'ordination en espace de dimension réduite, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) (VOLLE, 1985) sur le logiciel NTSYS-pc 1.5 (ROHLF, 1990).

II. – RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau I nous montre la liste des 65 taxa récoltés dans six stations de chêne-liège (FC-strate organique, MC-strate minérale) et six stations d'eucalyptus (FE-strate organique, ME-strate minérale) et le nombre d'individus de chaque espèce.

L'analyse préliminaire des données a été réalisée sur cette matrice des données brutes (65 taxa X24 prélèvements), en ayant retenu les 12 premiers axes factoriels, qui expliquaient 92 % de la structure des données. Dans la matrice des contributions absolues, on a cherché, pour chaque axe, les espèces qui avaient une contribution plus forte, de façon que la somme de la contribution de l'ensemble des espèces pour chaque axe était $\geqq 0.8$ (VOLLE, 1985).

Ensuite, la matrice des données brutes a été réduite, en retenant seulement les espèces les plus importantes après l'analyse des 12 premiers axes. Sur cette matrice réduite (23 taxa X24 prélèvements), on a fait une nouvelle analyse factorielle des

correspondances et la matrice des contributions absolues de chaque espèce a été de nouveau analysée, afin de chercher quelle était l'importance de chaque espèce dans la définition de la structure des prélèvements. On a effectué la projection graphique des 23 taxa et 24 prélèvements dans l'espace réduit des trois premiers axes factoriels, qui expliquent 55.05 % de la variabilité globale (*tab.* II).

Les figures 1 et 2 révèlent que le premier axe sépare la strate organique (valeurs négatives) de la strate minérale (valeurs positives), *Tullbergia* gr. *krausbaueri*, *Isotomodes trisetosus* et *Sphaeridia pumilis* étant les espèces les plus responsables de cette séparation : la première espèce est nettement plus abondante et plus fréquente dans la strate minérale, surtout dans les prélèvements de chêne-liège, la deuxième définit également la strate minérale, étant abondante et très fréquente sous chêne-liège et la troisième est fréquente et très abondante principalement dans l'horizon organique d'eucalyptus. *Paratullbergia callipygos* et *Isotomiella minor* ont également un certain poids pour la division des deux horizons : la première espèce préfère l'horizon minéral d'eucalyptus et la dernière se trouve surtout dans la strate minérale de chêne-liège.

Le deuxième axe (*fig.* 1 et 3) sépare les prélèvements de chêne-liège (valeurs positives) de ceux d'eucalyptus (valeurs négatives), les espèces les plus importantes étant *Folsomia quadrioculata*, exceptionnellement abondante dans la strate organique de chêne-liège, mais se rencontrant aussi dans la strate minérale de ce peuplement où elle est permanente, *Onychiurus gisini* qui prédomine sous eucalyptus, surtout dans l'horizon organique, et *Sphaeridia pumilis* aussi très abondante dans l'horizon organique d'eucalyptus. *Cryptopygus thermophilus*, *Folsomia sexoculata* et *Tullbergia* gr. *krausbaueri* sont encore importantes pour la définition du deuxième axe, mais moins déterminantes que les autres. La première espèce se trouve surtout dans la strate organique d'eucalyptus, la deuxième apparaît principalement dans le même horizon de chêne-liège et la troisième prédomine dans la strate minérale de ce dernier peuplement.

Le troisième axe (*fig.* 2 et 3) sépare également les prélèvements de chêne-liège (valeurs négatives) et d'eucalyptus (valeurs positives), les espèces les plus déterminantes étant *Sphaeridia pumilis*, *Onychiurus gisini* et *Isotomodes trisetosus*.

Si l'on regarde de nouveau les figures 1, 2 et 3 et le tableau I, on voit quelles sont les espèces plus nettement associées aux différents prélèvements dans chaque station : ainsi, la strate organique de chêne-liège (FC) contient *Folsomia sexoculata*, *F. quadrioculata*, *Cryptopygus scapelliferus*, *Isotomurus fucicola*, *Lepidocyrtus lusitanicus*, *Tomocerus vulgaris*, *Neelus murinus* et *Sminthurides parvulus*. Dans l'horizon organique d'eucalyptus (FE), il y a *Onychiurus gisini*, *Cryptopygus thermophilus*, *Entomobrya multifasciata*, *Sphaeridia pumilis* et *Sminthurinus elegans*. La strate minérale de chêne-liège (MC) renferme *Tullbergia* gr. *krausbaueri*, *Isotomodes trisetosus*, *Isotomiella minor* et *Megalothorax minimus*, tandis que *Paratullbergia callipygos* et *Pseudosinella infrequens* sont les seules espèces qui apparaissent dans la strate minérale d'eucalyptus (ME).

L'analyse globale du tableau I fait encore augmenter le nombre d'espèces exclusives et préférentielles dans les peuplements de chêne-liège par rapport à ceux d'eucalyptus.

TAB. I. — **Relevé des 65 taxa récoltés dans les 12 stations de Quinta de Santo António-Cercal (6 sous chêne-liège, 6 sous eucalyptus).**

Espèces	Abrev.	Chêne-liège/Strate organique						Chêne-liège/Strate minérale					
		FC-MAI88	FC-SEP88	FC-DEC88	FC-MAR89	FC-JUL89	FC-DEC89	MC-MAI88	MC-SEP88	MC-DEC88	MC-MAR89	MC-JUL89	MC-DEC89
Ceratophysella succinea	Cer.succ						3						
Ceratophysella tergilobata	Cer.terg			2							1		
Ceratophysella engadinensis	Cer.enga				2								
Ceratophysella sp. (juv.)	Cer.sp			6	6		11		1	5	3		
Xenylla brevisimilis mediterranea	Xen.brev	11	65	81	8	1	45		8			1	2
Microgastrura duodecimoculata	Mic.duod								1				
Brachystomella parvula	Bra.parv	3		15	1		8			1			
Friesea mirabilis	Fri.mira				1								
Friesea troglophila	Fri.trog												2
Friesea ladeiroi	Fri.lade												1
Micranurida pygmaea	Mic.pygm			4			7						
Pseudachorudina bougisi	Pse.boug	1		44	9		10		6	1	1		
Anurida granulata	Anu.gran								1				
Deutonura atlantica	Deu.atla								1				
Bilobella aurantiaca	Bil.aura			3	1		1				1		
Onychiurus gisini	Ony.gisi			4	6		2		34	5	10	1	1
Tullbergia gr. *krausbaueri*	Tull.krau			17	1		4		9	129	38	51	36
Paratullbergia callipygos	Par.call			1					2	2	4	10	
Stenaphorura quadrispina	Ste.quad								1			1	
Tullbergia sp. (juv.)	Tull.sp	3						1	1	10			
Tetracanthella hygropetrica	Tet.hygr			36	20		16					12	
Folsomia sexoculata	Fol.sexo	29	1	31	15		66		21	1	1		1
Folsomia quadrioculata	Fol.quad	53		248	138		138	3	32	5	1	10	2
Isotomodes trisetosus	Iso.tris				1		1		14	24	9	130	9
Isotomiella minor	Iso.mino	1		12	56		13	9	27	36	66		13
Proisotoma coeca	Pro.coec						1						
Proisotoma minuta	Pro.minu				3		1						
Proisotoma sp.	Pro.sp								2				
Cryptopygus scapelliferus	Cry.scap	1		26	36		53		14			4	2
Cryptopygus thermophilus	Cry.ther	1								2			
Isotoma notabilis	Iso.nota												
Isotoma olivacea	Iso.oliv												
Isotomurus palustris	Iso.palu						1						
Isotomurus fucicola	Iso.fuci	15		74	22		18	4		7		1	

Espèces	Abrev.	Chêne-liège/Strate organique						Chêne-liège/Strate minérale					
		FC-MAI88	FC-SEP88	FC-DEC88	FC-MAR89	FC-JUL89	FC-DEC89	MC-MAI88	MC-SEP88	MC-DEC88	MC-MAR89	MC-JUL89	MC-DEC89
Entomobrya albocincta	Ent.albo		3			1						1	
Entomobrya multifasciata	Ent.mult	6	7	1	13	7		1	1				
Seira ferrari	Sei.ferr		2						5	1			
Seira domestica	Sei.dome								1				
Heteromurus major	Het.majo	17	1	2	6		6		7			8	
Lepidocyrtus lusitanicus	Lep.lusi	12	15	6	14		5		20				2
Pseudosinella picta	Pse.pict	2	1	6	3		4		9		1		1
Pseudosinella gamae	Pse.gama						1		1		1	7	
Pseudosinella cf. *imparipunctata*	Pse.impa												1
Pseudosinella infrequens	Pse.infr												
Pseudosinella sp.	Pse.sp												1
Tomocerus vulgaris	Tom.vulg			16	4		5			1			3
Tomocerus flavescens	Tom.flav						2						
Oncopodura crassicornis	Onc.cras								1	3	6		1
Entomobryidae (juv.)	Entomobr	12	4	1	2		7		21		4	3	
Neelus murinus	Nee.muri			1	5		2						
Megalothorax minimus	Meg.mini			6	50		29	2		9	26		4
Sminthurides parvulus	Smi.parv			6	4		17						1
Sphaeridia pumilis	Sph.pumi	34		14	20		22				1		
Arrhopalites caecus	Arr.caec				1					1	2		
Arrhopalites pygmaeus	Arr.pygm	1			1			1					
Arrhopalites sp.	Arr.sp												
Bourletiella sp.	Bou.sp												
Sminthurinus elegans	Smi.eleg	4		5	3		1						
Sminthurinus aureus	Smi.aure	1			2								
Sminthurinus cf. *domesticus*	Smi.dome			1			1						
Dicyrtomina saundersi	Dic.saun			2									
Dicyrtomina sp.	Dic.sp			1			1						
Lipothrix lubbocki	Lip.lubb			1			7			1			
Caprainea bremondi	Cap.brem			4			13						1
Sminthuridae (juv.)	Sminturi			21	3		18						1

Espèces	Abrev.	Eucalyptus/Strate organique						Eucalyptus/Strate minérale					
		FE-MAI88	FE-SEP88	FE-DEC88	FE-MAR89	FE-JUL89	FE-DEC89	ME-MAI88	ME-SEP88	ME-DEC88	ME-MAR89	ME-JUL89	ME-DEC89
Ceratophysella succinea	Cer.succ									1	1		
Ceratophysella tergilobata	Cer.terg			1									
Ceratophysella engadinensis	Cer.enga												
Ceratophysella sp. (juv.)	Cer.sp	1		1				3					
Xenylla brevisimilis mediterranea	Xen.brev	15	19	34	2		32						
Microgastrura duodecimoculata	Mic.duod												
Brachystomella parvula	Bra.parv			1									
Friesea mirabilis	Fri.mira												
Friesea troglophila	Fri.trog												
Friesea ladeiroi	Fri.lade				1		1			1			
Micranurida pygmaea	Mic.pygm				1								
Pseudachorudina bougisi	Pse.boug												
Anurida granulata	Anu.gran												
Deutonura atlantica	Deu.atla												
Bilobella aurantiaca	Bil.aura			1	5		3						
Onychiurus gisini	Ony.gisi	16		24	140		27	8	85	7	2	2	4
Tullbergia gr. *krausbaueri*	Tul.krau			1			2		6	31	22	10	19
Paratullbergia callipygos	Par.call							6	2	22	19	12	8
Stenaphorura quadrispina	Ste.quad												
Tullbergia sp. (juv.)	Tul.sp												
Tetracanthella hygropetrica	Tet.hygr			2									
Folsomia sexoculata	Fol.sexo												
Folsomia quadrioculata	Fol.quad						1						
Isotomodes trisetosus	Iso.tris												
Isotomiella minor	Iso.mino							4		3	1		6
Proisotoma coeca	Pro.coec												2
Proisotoma minuta	Pro.minu			1	1				3				
Proisotoma sp.	Pro.sp												
Cryptopygus scapelliferus	Cry.scap												
Cryptopygus thermophilus	Cry.ther	17		27	50		41		14			9	
Isotoma notabilis	Iso.nota	3											
Isotoma olivacea	Iso.oliv			5									
Isotomurus palustris	Iso.palu												
Isotomurus fucicola	Iso.fuci	8		13	1		2						

Espèces	Abrev.	Eucalyptus/Strate organique						Eucalyptus/Strate minérale					
		FE-MAI88	FE-SEP88	FE-DEC88	FE-MAR89	FE-JUL89	FE-DEC89	ME-MAI88	ME-SEP88	ME-DEC88	ME-MAR89	ME-JUL89	ME-DEC89
Entomobrya albocincta	Ent.albo					1							
Entomobrya multifasciata	Ent.mult	21	4	9	12	5	4	3		1			
Seira ferrari	Sei.ferr		1						8	1			
Seira domestica	Sei.dome								1				
Heteromurus major	Het.majo	11		5	1		2	1	1	1			
Lepidocyrtus lusitanicus	Lep.lusi	1		2	12								1
Pseudosinella picta	Pse.pict			3	2		1		4	1			
Pseudosinella gamae	Pse.gama								1				
Pseudosinella cf. *imparipunctata*	Pse.impa												
Pseudosinella infrequens	Pse.infr							1				3	
Pseudosinella sp.	Pse.sp												
Tomocerus vulgaris	Tom.vulg												
Tomocerus flavescens	Tom.flav												
Oncopodura crassicornis	Onc.cras			2						1			
Entomobryidae (juv.)	Entomobr	23	1	1	3		2	1	1		2		
Neelus murinus	Nee.muri												
Megalothorax minimus	Meg.mini												
Sminthurides parvulus	Smi.parv	1											
Sphaeridia pumilis	Sph.pumi	9		4	43		329						
Arrhopalites caecus	Arr.caec												
Arrhopalites pygmaeus	Arr.pygm												
Arrhopalites sp.	Arr.sp												1
Bourletiella sp.	Bou.sp											1	
Sminthurinus elegans	Smi.eleg	2		1	9		3						
Sminthurinus aureus	Smi.aure	2			2								
Sminthurinus cf. *domesticus*	Smi.dome												
Dicyrtomina saundersi	Dic.saun												
Dicyrtomina sp.	Dic.sp			1			5						
Lipothrix lubbocki	Lip.lubb												
Caprainea bremondi	Cap.brem			1			8						
Sminthuridae (juv.)	Sminturi			3	10								3

TAB. II. — **Tableau des valeurs propres pour les 5 premiers axes.**

Valeurs propres		Pourcentage	Pourcentage cumulatif
1	0.69115	22.53	22.53
2	0.60370	19.68	42.21
3	0.39391	12.84	55.05
4	0.32637	10.64	65.59
5	0.27214	8.87	74.57

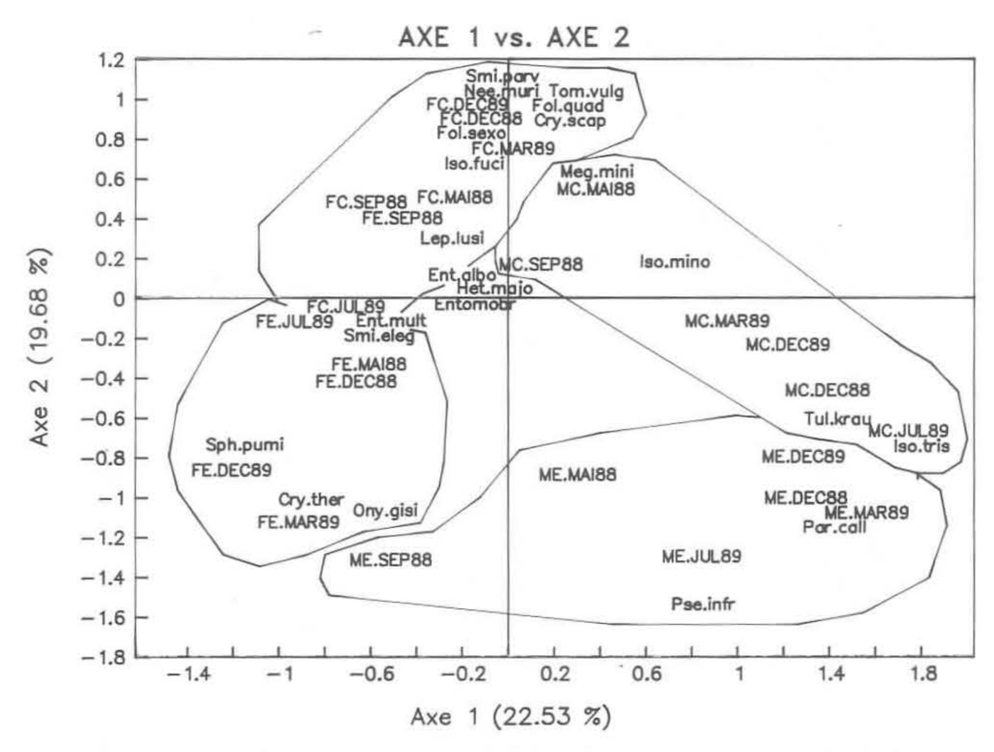


FIG. 1. — Analyse factorielle des correspondances. Représentation des axes 1 et 2. Strate organique de chêne-liège (FC), strate minérale de chêne-liège (MC), strate organique d'eucalyptus (FE), strate minérale d'eucalyptus (ME).

III. — CONCLUSIONS

L'analyse factorielle des correspondances appliquée à l'étude de populations de Collemboles provenant de peuplements de chêne-liège et d'eucalyptus nous a permis de montrer qu'il existe une séparation nette entre les parcelles de chêne-liège et d'eucalyptus, ainsi qu'entre la strate minérale et la strate organique de chaque parcelle. Il y a des différences qualitatives et quantitatives entre les deux types de peuplements et une évidente stratification verticale des espèces. Les parcelles de chêne-liège contiennent un nombre plus grand d'espèces que celles

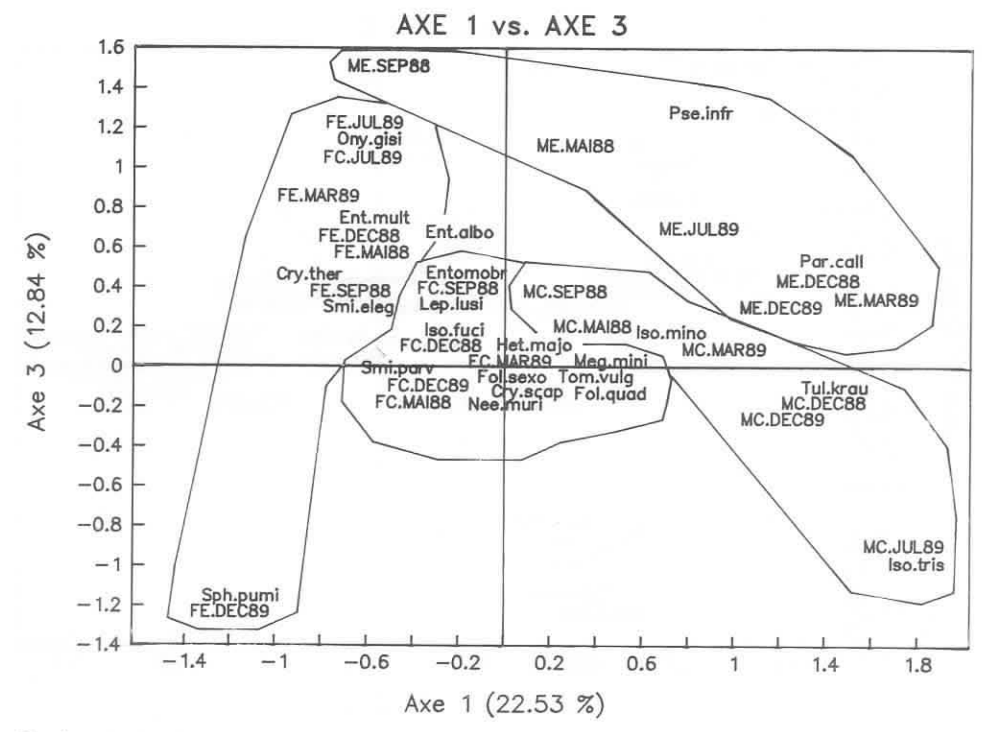


FIG. 2. – Analyse factorielle des correspondances. Représentation des axes 1 et 3.

d'eucalyptus et il faut remarquer l'appauvrissement de l'horizon minéral de ces dernières.

Résumé

Nous avons essayé d'appliquer l'analyse factorielle des correspondances à l'étude de 65 taxa de Collemboles provenant de 12 prélèvements de chêne-liège et 12 prélèvements d'eucalyptus. Cette analyse a révélé qu'il y a une séparation nette entre les deux sortes de peuplements et entre les horizons organiques et minéraux de chaque peuplement. La faune des peuplements de chêne-liège est beaucoup plus riche que celle des peuplements d'eucalyptus, soit qualitativement, soit quantitativement, la strate minérale d'eucalyptus montrant un appauvrissement accentué.

Summary

Effects of reafforestation by *Eucalyptus globulus* on the edaphic Collembola

Factorial analysis of correspondences was applied to the study of Collembola populations occurring in coppices of *Quercus suber* and in *Eucalyptus globulus* plantations. Sixty five taxa were investigated in relation to the organic and mineral strata of 6 stations in each

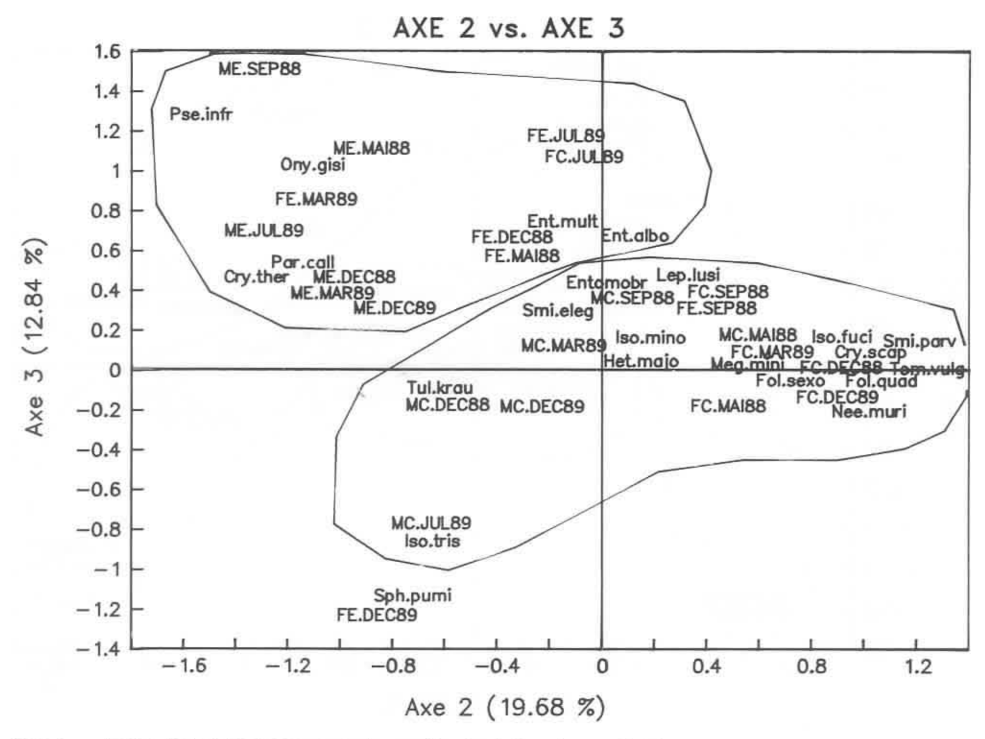


FIG. 3. — Analyse factorielle des correspondances. Représentation des axes 2 et 3.

biotope. This analysis has revealed a clear separation between the two types of biotopes and between the organic and mineral strata of each biotope. The populations from cork-oak are much richer in species than those from eucalyptus and the mineral stratum of eucalyptus is deeply empoverished.

BIBLIOGRAPHIE

GAMA (M. M. da), MÚRIAS DOS SANTOS (A. F. A.) & NOGUEIRA (A.), 1989. — Comparaison de la composition de populations de Collemboles de peuplements d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de chêne-liège (*Quercus suber*). *In*: *Proc. 3rd Intern. Sem. Apterygota, Siena*, R. DALLAI Ed., 339-345.

ROHLF (F. J.), 1990. — NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.5. Exeter Software, New York.

VOLLE (M.), 1985. — *Analyse des Données*, 3e éd., Economica, Paris, 324 p.